

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

Sejak dulu manusia di seluruh dunia tidak pernah lepas dari penggunaan sesuatu yang berbahan kimia dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini harus diperhatikan dan terus dikembangkan di dunia, terutama negara kita yaitu Indonesia, terutama di bidang industri yang berkaitan dengan industri kimia. Pada suatu industri kimia, dapat menganalisa serta melakukan optimasi terhadap suatu unit yaitu untuk mendesain sistem yang baru, yang lebih baik, lebih efisien dan lebih murah, sebaik memikirkan sistem atau prosedur untuk meningkatkan operasi sistem yang telah ada.

Untuk mencapai efisien tersebut, sebagian besar proses ini mengalami paling tidak satu kali perubahan selama masa pakainya untuk memperoleh keuntungan dari teknologi proses yang tercanggih, yang dapat berupa perbaikan dalam efisien energi dan kapasitas produksi. Sehingga penyelesaian persoalan perancangan dengan integrasi panas menjadi kebutuhan penting.

Hal ini dikarenakan negara kita masih banyak mengandalkan impor bahan-bahan kimia dari negara-negara lain dan masih kurangnya memanfaatkan hasil alam secara maksimal, sehingga dengan adanya pertumbuhan di bidang kimia ini diharapkan dapat menekan biaya-biaya produksi di dalam negeri. Untuk jangka panjang diharapkan kebutuhan akan bahan-bahan kimia tersebut dapat memenuhi kebutuhan di dalam negeri maupun dapat menjadi komoditi ekspor sehingga dapat menghasilkan pendapatan dan devisa negara.

Salah satu bahan kimia yang masih mengimpor dari negara lain adalah produk *aromatic compound* seperti mononitrotoluena (MNT). MNT merupakan salah satu bahan yang sangat penting dalam industri saat ini dan

dirasa mempunyai prospek cerah. Selama ini untuk memenuhi MNT di Indonesia dilakukan dengan mengimpor dari Amerika Serikat, Inggris, dan Jerman. Hal tersebut tidak hanya menuntut pemerintah untuk mengembangkan industri hanya pada migas tetapi juga sebagai pertimbangan untuk mengembangkan industri-industri tersebut.

Pendirian pabrik MNT di Indonesia dapat diwujudkan karena didukung oleh beberapa hal, yaitu:

- Dapat memberikan lapangan pekerjaan karena banyak menyerap tenaga kerja.
- Memacu tumbuhnya industri baru terutama industri yang menggunakan bahan baku MNT.
- Pabrik-pabrik industri kimia seperti industri pembuatan zat warna sintetik, dan busa *polyurethane* semakin berkembang memungkinkan kebutuhan akan mononitrotoluena semakin meningkat.

## 1.2 KAPASITAS PERANCANGAN

Penentuan kapasitas produksi MNT didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain:

### 1.2.1 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku toluena, asam nitrat, dan asam sulfat telah banyak diproduksi di Indonesia, sehingga kelangsungan bahan baku dan tingkat permintaan MNT yang cukup besar, maka sangat prospektif bila didirikan pabrik MNT di Indonesia.

### 1.2.2 Kebutuhan MNT dalam negeri

Direncanakan pabrik MNT didirikan pada tahun 2020. Dalam pemilihan kapasitas pabrik MNT ada beberapa pertimbangan yaitu:

- Kebutuhan MNT dalam negeri.
- Kapasitas pabrik MNT yang sudah berdiri di seluruh dunia.

#### 1.2.2.1 Prediksi kebutuhan dalam negeri

Tabel 1. Data Impor MNT

Tahun	Kebutuhan Impor (kg)
2001	81.075
2002	95.761
2003	3.212.344
2004	207.208
2005	173.987
2006	892.322
2007	899.355
2008	986.643
2009	1.913.544

(BPS, 2001-2009)

Dari data impor MNT di Indonesia pada setiap tahun di atas maka didapatkan kebutuhan impor rata-rata tiap tahunnya adalah 940.248 kg/tahun.

#### 1.2.2.2 Kapasitas pabrik MNT di luar negeri

Menurut data dari (Europa, 2013) pada tahun 1993 pabrik di Amerika Serikat memproduksi MNT sebesar 26.000 ton/tahun. Sedangkan di Jerman dalam kurun waktu 1993-1999 memproduksi MNT kurang lebih sekitar 10.000-50.000 ton/tahun. Salah satu dari pabrik tersebut pada tahun 2000 memproduksi MNT sebesar 34.400 ton/tahun. Pada tahun 2003 sebuah pabrik di Italia memproduksi MNT sebesar 49.200 ton/tahun (Europa, 2013).

Dengan memperhatikan pertimbangan kapasitas perancangan minimum dan kebutuhan impor MNT di Indonesia maka dapat ditentukan kapasitas pabrik MNT yang akan berdiri tahun 2020 sebesar 40.000 ton/tahun. Kapasitas yang direncanakan ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta meninjau kapasitas pabrik MNT diluar negeri yang cukup besar, maka selebihnya produk dapat diekspor ke luar negeri.

### **1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pada sebuah pabrik merupakan salah satu faktor yang paling penting untuk keberhasilan dan kelangsungan pabrik tersebut. Lokasi yang dipilih untuk mendirikan pabrik MNT ini direncanakan terletak di Cilacap, Jawa Tengah. Dalam pemilihan lokasi pabrik sangat menentukan kelangsungan dan perkembangan pabrik secara teknis dan ekonomis di masa mendatang.

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain:

#### **1.3.1 Bahan Baku**

Sumber bahan baku adalah salah satu faktor terpenting dalam pemilihan lokasi pabrik terlebih dahulu jika bahan yang digunakan dalam jumlah yang besar dan sumber bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat memperkecil biaya transportasi dalam pengiriman bahan. Untuk bahan baku pada pabrik MNT ini adalah toluena, asam nitrat, dan asam sulfat. Suplai bahan baku toluena didatangkan dari Pertamina UP. IV Cilacap, Jawa Tengah, asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia yang berada di Cikampek, bahan asam sulfat dapat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan untuk Natrium hidroksida diperoleh dari PT. Soda Waru Surabaya.

### 1.3.2 Transportasi dan Pemasaran

Transportasi serta pemasaran merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam pemilihan lokasi pabrik, yang meliputi pengangkutan bahan baku, bahan bakar, dan produk yang dihasilkan. Untuk itu, lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar, misalnya dekat dengan jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar, dekat dengan jalur kereta api dan dekat dengan pelabuhan (Tanjung Intan Cilacap), sehingga pemasaran produk sebagai komoditi ekspor tidak mengalami kesulitan.

### 1.3.3 Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan faktor yang berpengaruh dalam pemilihan lokasi pabrik. Karena pendirian pabrik terletak di Pulau Jawa maka tenaga kerja yang tersedia lebih dari cukup.

### 1.3.4 Utilitas

Energi merupakan faktor yang penting dalam pengoperasian sebuah pabrik. Utilitas yang utama adalah air, *steam*, bahan bakar, dan listrik. Lokasi pabrik harus sebisa mungkin menekan biaya pengadaan energi, misalnya dekat dengan sumber bahan bakar dan sumber listrik. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN yang sudah masuk ke lokasi pabrik dan sarana lain seperti air.

## 1.4 Tinjauan Pustaka

### 1.4.1. Macam-macam Proses

Pada dasarnya ada tiga proses untuk memproduksi MNT, yaitu:

1. Nitrasi toluena dengan asam campuran dengan proses kontinyu.

Pada dasarnya proses kontinyu sama dengan proses *batch*, namun ada beberapa hal yang membedakan antara lain:

- a. Volume reaktor yang digunakan untuk proses kontinyu lebih kecil.

Konsentrasi  $\text{HNO}_3$  untuk penitrasi lebih rendah. Pada proses *batch* konsentrasi  $\text{HNO}_3$  sebesar 28-32%, sedangkan untuk proses kontinyu konsentrasi  $\text{HNO}_3$  yaitu 1-8%.

- b. Kecepatan reaksi lebih tinggi. Hal ini karena ukuran reaktor lebih kecil sehingga pengadukan lebih efisien.
- c. Penggunaan *nitrating agent*, dengan salah satu komponen dari penitrasi tersebut adalah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang merupakan asam yang sangat korosif. Perlu unit rekonsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sehingga dapat diperkirakan biayanya tinggi.

(Kirk Othmer, 1996)

2. Nitrasi toluena dan asam campuran dengan proses *batch*.

Tahapan-tahapan proses *batch* sebagai berikut:

- a. Pada proses ini asam campuran yang digunakan terdiri atas 52-56%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 28-32%  $\text{HNO}_3$ , dan 12-20%  $\text{H}_2\text{O}$ .
- b. Toluena dimasukkan nitrator dan didinginkan sampai suhu  $25^\circ\text{C}$ .
- c. Asam campuran ditambahkan dengan pelan-pelan ke permukaan toluen dan temperatur reaksi campuran dijaga  $25^\circ\text{C}$ .
- d. Setelah semua campuran asam ditambahkan, temperatur dinaikkan pelan-pelan sampai suhu  $35-40^\circ\text{C}$ .
- e. Produk keluar nitrator dipisahkan dalam separator.
- f. Produk MNT dinetralisasi dengan  $\text{NaOH}$ .
- g. Untuk pemurnian dilakukan dengan distilasi. *Yield* yang diperoleh sekitar 96%.
- h. Waktu reaksi secara *batch* sekitar 2 jam.
- i. Kerugian proses *batch* adalah waktu proses lebih lama dan ukuran alat yang lebih besar sehingga dari segi ekonomi tidak menguntungkan.

(Kirk Othmer, 1996)

3. Nitration toluene with nitric acid continuous process
  - a. In this process the position of mixed acid as nitrating agent depends on nitric acid.
  - b. This process is less profitable because it requires excess nitric acid to produce MNT in the same amount.
  - c. This process requires a lot of raw materials so the size of the equipment required is much larger. Seen from the economic point of view it is less profitable.

(Kirk Othmer, 1996)

Tabel 2. Perbandingan Proses Pembuatan MNT

No.	Pertimbangan	Proses A	Proses B	Proses C
1.	Bahan baku	Toluena, asam sulfat, dan asam nitrat	Toluena, asam sulfat, dan asam nitrat	Toluena, dan asam nitrat
2.	Konsentrasi asam nitrat	1-8%	28-32%	1-8%
3.	Ukuran alat	Lebih kecil	Besar	Besar
4.	Kecepatan reaksi	Cepat	Lama	Lama
5.	Kekurangan lain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan <i>nitrating agent</i> yang sangat korosif</li> <li>• Dibutuhkan unit rekonsentrasi asam nitrat, sehingga biaya mahal</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan bahan baku lebih banyak</li> </ul>
6.	Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecepatan reaksi lebih tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengaturan waktu lebih mudah</li> </ul>	-

(Kirk Othmer, 1996)

Keterangan Tabel :

- Proses A : Nitrasi toluena dan asam campuran dengan pros kontinyu
- Proses B : Nitrasi toluena dan asam campuran dengan proses *batch*
- Proses C : Nitrasi toluena dan asam nitrat dengan proses kontinyu



Dari beberapa proses pembuatan MNT maka dipilih prarancangan proses nitration dari toluena dan asam campuran dengan proses kontinyu, berdasarkan (Kirk Othmer, 1996) :

- Hasil *yield* lebih tinggi karena *yield* yang dihasilkan sebesar 98%.
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  merupakan asam kuat yang berfungsi sebagai media asam sehingga  $\text{HNO}_3$  lebih mudah melepaskan ion nitrit ( $\text{NO}_2^+$ )
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  merupakan *dehydrator* yang baik, sehingga air yang terbentuk tidak akan mempengaruhi kecepatan reaksi.
- Biaya produksi lebih rendah, tenaga kerja lebih sedikit.
- Ukuran alat lebih kecil dibandingkan proses *batch* dan proses yang menggunakan asam nitrat saja.
- Faktor keamanan lebih baik, reaksi lebih cepat karena pengadukan yang efektif.

#### 1.4.2. Kegunaan Produk

MNT dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan zat warna sintetik, untuk pembuatan busa *polyurethane* yang merupakan bahan isolasi refrigerator dan bahan dalam pembuatan TNT (Kirk Othmer, 1996).

#### 1.4.3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

##### A. Bahan Baku

##### 1. Toluena

##### a. Sifat-sifat fisis

Rumus molekul	: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 (\text{C}_7\text{H}_8)$
Berat molekul	: 92,141 g/mol
Bentuk	: cair
Titik didih	: $110,63^\circ\text{C}$
Titik beku	: $-94,97^\circ\text{C}$
Densitas	: 0,8665 g/ml

Suhu kritis : 318,65°C

Tekanan kritis : 41,8 atm

b. Sifat-sifat kimia

- Toluena bereaksi dengan asam nitrat membentuk MNT.

(Kirk Othmer, 1997)

## 2. Asam Nitrat

a. Sifat-sifat fisis:

Rumus molekul :  $\text{HNO}_3$

Berat molekul : 63,0129 g/mol

Bentuk : cair

Warna : putih

Titik didih : 86°C pada 1 atm

Titik beku : - 42°C pada 1 atm

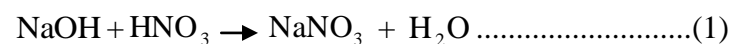
Densitas : 1,502 g/ml

b. Sifat-sifat kimia (Kirk Othmer, 1996) :

- Merupakan asam monobasik kuat.
- Asam nitrat dapat bereaksi dengan semua logam kecuali emas, iridium, platinum, rhodium, tantalum dan titanium.

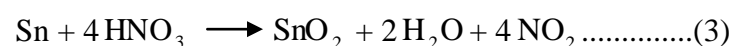
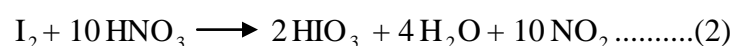
- Asam nitrat merupakan pengionisasi yang kuat

Reaksi yang terjadi:

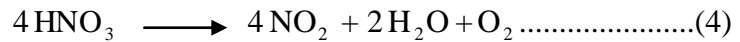


- Asam nitrat merupakan pengoksidasi yang kuat

Reaksi yang terjadi:



- Asam nitrat tidak stabil terhadap panas dan bisa terurai sebagai berikut:



## B. Bahan Pembantu

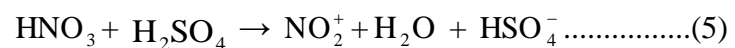
### 1. Asam Sulfat

#### a. Sifat-sifat fisis

Rumus Molekul	: $\text{H}_2\text{SO}_4$
Berat Molekul	: 98 g/gmol
Bentuk	: cair
Titik Didih	: $340^\circ\text{C}$
Titik Leleh	: $10,35^\circ\text{C}$
Densitas	: $1,841 \text{ g/cm}^3$
Suhu kritis	: $652^\circ\text{C}$
Tekanan kritis	: 63,16 atm

#### b. Sifat-sifat kimia

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  bereaksi dengan  $\text{HNO}_3$  membentuk ion nitronium yang sangat penting dalam suatu reaksi nitrasi.



- Mempunyai daya tarik yang besar terhadap air dan membentuk senyawa-senyawa hidrat seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
- Dalam reaksi nitrasi, sifat asam sulfat ini mencegah  $\text{HNO}_3$  membentuk hydrogen dan ion nitrat dan hanya membentuk ion nitronium (Kirk Othmer, 1996).

## 2. Natrium Hidroksida

### a. Sifat-sifat fisis

Rumus Molekul	: NaOH
Berat Molekul	: 40g/gmol
Bentuk	: cair
Titik Didih	: 1390°C
Titik Leleh	: 318°C
Densitas	: 2,1 g/cm <sup>3</sup>

### c. Sifat-sifat kimia

- Menstabilkan kondisi pH
- Merupakan basa kuat
- Mudah larut dalam air
- Berwarna bening (Perrys, 1997).

## C. Produk

### 1. MNT

#### a. Sifat-sifat fisika

Rumus kimia	: $C_6H_4CH_3NO_2$
Berat molekul	: 137,138 g/mol
Bentuk	: Cairan
Titik didih	: 231,85 °C
Titik lebur	: 16,05 °C
Densitas	: 1,286 g/ml
Suhu kritis	: 462,85°C

#### b. Sifat-sifat kimia

- Dapat dioksidasi menjadi *m*-nitrobenzoic acid dengan asam kromat dalam larutan alkali (Kirk Othmer, 1996)

#### 1.4.4. Tinjauan Proses secara Umum

MNT dibuat dengan mereaksikan toluena dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ). Reaksi ini merupakan reaksi nitrasi dimana satu atau lebih gugus nitro ( $-\text{NO}_2$ ) ditempatkan ke dalam molekul yang direaksikan. Gugusan nitro diikat oleh karbon menjadi bentuk nitroaromatik.



Sistem asam nitrat-asam sulfat, biasa dikenal sebagai asam campuran, adalah media untuk nitrasi yang sangat penting, adanya asam sulfat memberikan pengaruh pada ionisasi asam nitrat menjadi ion nitril ( $\text{NO}_2^+$ ).

Ionisasi asam nitrat adalah sebagai berikut (Kirk Othmer, 1996) :

